ISSN 2965-6672 | Qualis A2

ENSINO DE OSCILAÇÕES COM PÊNDULO SIMPLES E PÊNDULO FÍSICO

TEACHING OSCILLATIONS WITH THE SIMPLE AND PHYSICAL PENDULUM

Ciências Exatas e da Terra • 01/06/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/780183045

Agmar Aparecido Felix Chaves

Juliano Alves de Deus

Claudemir Miranda Barboza

Cleidiane Travesani

Débora Priscila Costa Ferreira

Patrícia Lemes de Souza

RESUMO

Este artigo propõe uma abordagem teórico-experimental para o ensino de oscilações no Ensino Médio, com foco no pêndulo simples e no pêndulo físico, fundamentada no Movimento Harmônico Simples. A metodologia caracteriza-se como pesquisa aplicada, com experimentação de baixo custo utilizando materiais acessíveis. Os resultados confirmaram a independência do período em relação à massa, a dependência do comprimento e a influência do momento de inércia. A aceleração da gravidade local foi estimada com valores próximos ao teórico. Conclui-se que a proposta é viável e contribui para a articulação entre teoria e prática no ensino de Física, favorecendo a compreensão conceitual dos fenômenos oscilatórios por parte dos estudantes e ampliando as possibilidades de experimentação em contextos escolares com infraestrutura limitada.

Palavras-chave: Ensino de Física; Oscilações; Pêndulo Simples; Pêndulo Físico; Experimentação.

ABSTRACT

This article proposes a theoretical-experimental approach for teaching oscillations in high school, focusing on the simple and physical pendulums and grounded in Simple Harmonic Motion. The methodology is characterized as applied research with low-cost experimentation using accessible materials. Results confirmed the independence of the period from mass, its dependence on length, and the influence of moment of inertia. Local gravitational acceleration was estimated with values close to the theoretical reference. The proposal proved to be viable and contributes to strengthening the connection between theory and practice in physics teaching, favoring students' conceptual understanding of oscillatory phenomena and expanding possibilities for experimentation in schools with limited infrastructure.

Keywords: Physics Teaching; Oscillations; Simple Pendulum; Physical Pendulum; Experimentation.

INTRODUÇÃO

Fenômenos oscilatórios estão presentes em diversas situações do cotidiano, como no badalar de relógios, no funcionamento de motores, na vibração de cordas de instrumentos musicais e no comportamento de sistemas elétricos.

O mundo está repleto de oscilações, muitas delas simplesmente curiosas ou desagradáveis, outras economicamente importantes e até mesmo perigosas, como as que são provocadas por ventos vigorosos e podem romper linhas de transmissão de energia elétrica, e as que são provocadas por terremotos, com capacidade de derrubar casas e edifícios (Halliday; Resnick; Walker, 2018). Daí a relevância do estudo e controle das oscilações em diversas áreas, como na física e engenharia.

Este artigo tem como objetivo propor ao professor que atua no Ensino Médio uma abordagem teórica e experimental de alguns osciladores nos quais as forças de movimento estão relacionadas à gravidade: pêndulo simples e físico. Para tanto, será realizado um aporte teórico fundamentado em uma pesquisa bibliográfica à luz do movimento harmônico simples, assim como uma metodologia experimental que se traduz em uma proposta de aplicação, a qual será detalhada em tópico específico.

Para esta abordagem, é preciso considerar, inicialmente, que um pêndulo desviado da posição de equilíbrio e depois solto fornece um exemplo de oscilação livre em que o sistema, após retornar a sua forma original, não é submetido a forças externas oscilatórias e estabelece seu próprio período de oscilação, determinado por seus parâmetros. Caso submetido a impulsos externos periódicos tem-se a oscilação forçada, em que é preciso considerar também o período das forças externas e sua relação com o período próprio das oscilações livres do sistema (Nussenzveig, 2014).

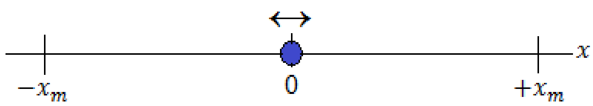
Os sistemas oscilantes mais simples a serem estudados apresentam apenas um grau de liberdade, ou seja, são representados por apenas uma coordenada, como a coordenada horizontal de um sistema massa-mola ou o ângulo de desvio de um pêndulo em relação à posição vertical de equilíbrio.

Dessa forma, um sistema de massa e mola oscilatório, por exemplo, ao passar do seu limite elástico, não retorna à posição de equilíbrio, o que daria origem a efeitos mais complexos.

Movimento Harmônico Simples

Dada uma partícula que oscila nas vizinhanças de um determinado eixo x, movendo-se da esquerda para a direita, de uma mesma distância x m em relação à x, como mostra a figura abaixo:

Figura 1: Oscilação de uma partícula



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Assim, “a frequência da oscilação é número de vezes por unidade de tempo que a partícula descreve uma oscilação completa (um ciclo)” (Halliday; Resnick; Walker, 2018, p. 88). A unidade de frequência do SI é o hertz, sendo definido como: 1 hertz = 1 Hz =1 oscilação por segundo = 1 s^{-1}

O tempo que leva para essa partícula executar um ciclo completo de movimento oscilatório, de um extremo ao outro, e de volta ao anterior, é chamado de período T (Tipler; Mosca, 2016), e é dado por:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

Conforme Halliday, Resnick e Walker (2018), todo movimento que se repete em intervalos regulares é denominado movimento periódico ou harmônico, sendo o movimento harmônico simples (MHS) um tipo particular, representado pela função senoidal do tempo t, ou seja, pode ser escrito como um seno ou cosseno do tempo t. Dessa forma, apresenta-se, arbitrariamente, a função cosseno para descrever o deslocamento ou posição x, no instante t, da partícula ilustrada:

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \theta) \quad (2)$$

em que x_m determina o valor máximo da oscilação e é chamado de amplitude, e o argumento da função cosseno, $\omega t + \theta$, é a fase do movimento, onde ω representa a frequência angular do movimento e θ o ângulo ou constante de fase.

> *Para determinar a relação entre frequência angular* ω *e a frequência* f *e o período* T*, basta observar que, de acordo com a definição de período, a posição* xt *da partícula deve ser a mesma que a posição inicial depois de ocorrido exatamente um período. Assim, se* xt *é a posição da partícula em um dado instante* t*, a partícula deve estar na mesma posição no instante* $t + T$ *(Halliday; Resnick; Walker, 2018, p. 90).*

Os autores utilizam a equação (2) para expressar essa condição, considerando $\theta = 0$ para evitar complicações dispensáveis, demonstrando a volta à posição inicial por meio da igualdade:

$$x_m \cos \omega t = x_m \cos \omega(t + T) \quad (3)$$

"A função cosseno volta a ter o mesmo valor pela primeira vez quando o argumento (ou seja, a fase) aumenta de 2***π***" (Halliday; Resnick; Walker, 2018, p. 90). De acordo com a equação (3):

$$\omega(t + T) = \omega t + 2\pi$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ como } T = \frac{1}{f}$$

$$\omega = 2\pi f \quad (4)$$

Com a unidade de frequência angular do SI descrita em radiano por segundo (rad/s).

Pêndulos

As primeiras considerações sobre o pêndulo foram realizadas por Galileu Galilei, cujo interesse foi despertado ao observar o movimento de um candelabro da Catedral de Pisa, quando ainda era estudante (Helden, 2007).

Os estudos de Galileu contribuíram para a formulação da propriedade conhecida como isocronismo do pêndulo, segundo a qual o seu período de oscilação é independente de sua amplitude, contribuindo para posteriores trabalhos acerca do movimento harmônico simples.

> *Galileu investigou as características de pêndulos e chegou à conclusão não só que eram isócronos, característica que, repete-se, só é válida em regime de pequenas oscilações, como também voltavam praticamente à altura a que tinham sido largados, o que hoje se admite como manifestação da conservação de energia, um conceito ainda não introduzido na época. Além disso, observou que pêndulos mais leves cessavam a sua oscilação mais rapidamente que os que possuíam pesos maiores e que o quadrado do período de oscilação é proporcional ao comprimento do pêndulo (Leite, 2011, p. 01).*

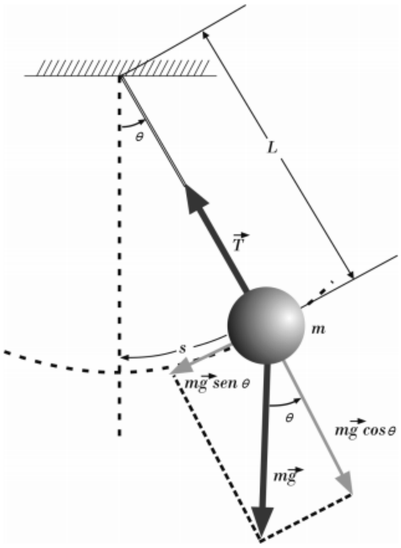
Atualmente, são conhecidos diversos tipos de pêndulos, dentre os quais estão os pêndulos simples, físico, cônico, de torção, de Foucault, espiral, duplo e invertido. Apesar de todos serem usados para calcular movimentos com precisão, alguns desses precisam de laboratórios de alta complexidade para seu estudo, ficando inviáveis aos laboratórios escolares, principalmente pelo alto custo.

Pêndulo Simples

O pêndulo simples é composto por uma partícula de massa m (denominada peso do pêndulo), suspensa por um fio inextensível, de massa desprezível e comprimento L, de tal forma que o peso está livre para oscilar, para a direita e para a esquerda de uma reta vertical que passa pelo ponto de suspensão do fio (Halliday; Resnick; Walker, 2018). As unidades de comprimento, massa e gravidade são definidas em mkg e m/s^2, respectivamente.

As forças que atuam sobre o corpo suspenso são seu peso $m\vec{g}$ e a tensão do fio $\vec{T}$. Em relação ao ângulo θ formado com a vertical, o peso apresenta componentes $mgcos\theta$, ao longo do fio, e $mgsen\theta$, tangente ao arco circular, apontando no sentido da redução de θ. Assim, a componente tangencial produz um torque restaurador em relação ao ponto de suspensão do pêndulo, pois age no sentido oposto ao deslocamento do peso, tendendo a levá-lo de volta ao ponto central (θ = 0), ou ponto de equilíbrio (Halliday; Resnick; Walker, 2018, p. 99).

Figura 2: Pêndulo simples



Fonte: Tipler e Mosca, 2016.

Segundo Nussenzveig (2014), medindo o ângulo θ em radianos, temos para ângulos θ pequenos:

$$\theta \ll 1 \rightarrow \mathrm{sen}\theta \approx \theta \quad (5)$$

O autor aponta, como exemplo, θ = 0,1745 rad, para o qual temos $\mathrm{sen}\theta$ = 0,1736, de modo que a equação (5) ainda é válida com erro relativo da ordem de 0,5%. Logo, para pequenos desvios da posição de equilíbrio estável, podemos reduzir a equação de oscilação harmônica da seguinte forma:

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0, \quad \text{onde } \omega^2 = \frac{g}{l} \quad (6)$$

com ω^2 sendo a força restauradora por unidade de deslocamento e por unidade de massa.

Como o período de oscilação para o movimento harmônico simples é da forma geral $T = \frac{2\pi}{\omega}$, tem-se como período T para pequenas oscilações do pêndulo simples: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ (7)

E a solução da equação (6) é dada por $\theta = \theta_0 \cos(\omega + \delta)$, onde θ_0 é o deslocamento

Como se verifica, quanto maior for o comprimento do pêndulo, maior será o período. O período e também, portanto, a frequência, são independentes da amplitude da oscilação (desde que esta permaneça pequena), o que constitui o isocronismo do pêndulo, descoberto por Galileu.

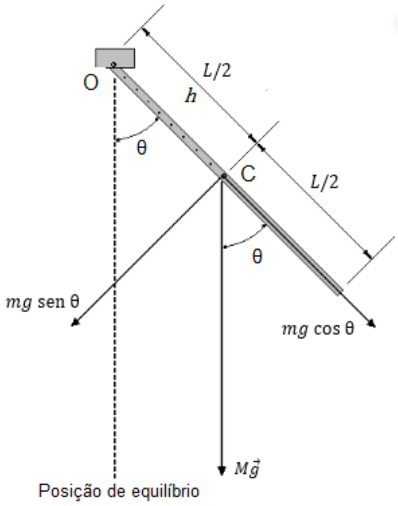
De acordo com Tipler e Mosca (2016), a aceleração da gravidade pode ser medida usando-se um pêndulo simples sob pequenas oscilações. Para tanto, é necessário medir apenas o seu comprimento L e período T (usualmente dado pela divisão do tempo de n oscilações por n, para minimizar erros de medida), e utilizar a equação (7) para calcular o valor de g.

Pêndulo Físico

O pêndulo físico corresponde a "qualquer corpo rígido, suspenso de um ponto O de tal forma que possa girar livremente (sem atrito) em torno de um eixo horizontal, passando pelo ponto de suspensão O" (Nussenzveig, 2014, p. 72).

Seja um pêndulo físico qualquer, deslocado de um ângulo θ em relação à posição de equilíbrio, pode-se supor que a força $m\vec{g}$ atua sobre o centro de massa C, situado a uma distância *h* do ponto de suspensão O. Comparando com o pêndulo simples, verifica-se apenas uma diferença: no pêndulo físico, o braço de alavanca da componente restauradora $mg\theta$ é *h* e não o comprimento L do fio (Halliday; Resnick; Walker, 2018).

Figura 3: Pêndulo físico



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Ainda deve-se destacar que para o pêndulo físico devemos considerar o momento de inércia do pêndulo, uma vez que a oscilação é do corpo rígido contínuo, e não de uma massa pontual. O momento de Inércia I define uma grandeza angular que representa "uma resistência à variação do momento angular", análoga à massa inercial do caso translacional.

Em relação a todos os outros aspectos, o estudo do pêndulo físico é idêntico ao do simples, permitindo concluir que, para pequenos valores de amplitude, o movimento é, aproximadamente, harmônico simples, cuja equação horária para o período é dada por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgh}} \quad (8)$$

com I sendo o momento de inércia do pêndulo em relação ao ponto O, ainda proporcional a m, porém, dependendo da forma do pêndulo físico.

Vale ressaltar que, o pêndulo físico não oscila se o ponto de suspensão for o centro de massa, o que corresponde a fazer $h = 0$ na equação (8). Nessa situação, tem-se $T = \infty$, o que implica que o pêndulo jamais chega a completar uma oscilação (Halliday; Resnick; Walker, 2018).

Um pêndulo físico ainda pode ser usado para verificar qual é a aceleração da queda livre g em um ponto específico da superfície terrestre. Para tanto, Halliday, Resnick e Walker (2018) citam como exemplo o pêndulo formado por uma barra homogênea de comprimento L, suspensa por uma das extremidades. Nesse caso, o valor de h na equação (8), que corresponde a distância do ponto de suspensão e o centro de massa, é $L/2$ e o momento da inércia em relação a um eixo perpendicular à barra passando pelo centro de massa é $1mL^2$.

Na sequência, aplicando-se o teorema dos eixos paralelos ($I = I_{CM} + mh^2$) é possível identificar que o momento de inércia em relação ao eixo perpendicular passando por uma das extremidades da barra é:

$$I = I_{CM} + mh^2 = \frac{1}{12}mL^2 + m\left(\frac{1}{2}L\right)^2 = \frac{1}{3}mL^2 \quad (9)$$

Pondo $h = L/2$ e $I = mL^2/3$ na equação (24) e explicitando g:

$$g = \frac{8\pi^2 L}{3T^2} \quad (10)$$

De acordo com o autor, medindo L e o período T, é possível determinar o valor de g no local onde se encontra o pêndulo, sendo que, para medidas de precisão, são necessários alguns refinamentos, como colocar o pêndulo em uma câmara evacuada.

A experimentação no ensino e aprendizagem de Física

A Física é uma ciência que aborda a relação entre matéria e energia. “É um constructo humano cujo objetivo é levar à compreensão do mundo; como outras ciências ditas “exatas”, a Física ajuda no avanço de tecnologias e se desenvolve seguindo as premissas do método científico” (Fuke; Yamamoto, 2010, p.3).

Dessa forma, a Física se configura como uma ciência experimental e, por isso, “envolve observação, organização de dados, pesquisa, capacidade de abstração e formulação de hipótese, e trabalho colaborativo”. (Fuke; Yamamoto, 2010, p.3). Consequentemente, requer uma participação ativa, tanto daquele que se propõe a ensiná-la, como daquele que se propõe a aprendê-la, principalmente no que concerne à educação básica.

Todavia, a falta de utilização de metodologias dinamizadas reforça um ultrapassado conceito disciplinar abstrato, o qual resulta em alunos cada vez mais desinteressados. Outro agravante é a escassez de laboratórios e materiais enfrentada pelas escolas, tornando o ensino desta disciplina rotineiramente limitado à lousa e sala de aula. E a aprendizagem do aluno, quando ocorre, se resume a fórmulas e teorias.

Sendo assim, se justifica o uso da experimentação para despertar o interesse e a participação ativa dos alunos, facilitando o ensino da Física e a efetivação da aprendizagem.

> *É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório (Brasil, 2002, p. 84).*

O que se verifica, contudo, é um confronto entre o que é fundamental, no que tange aos recursos educacionais, e os desafios enfrentados dentro das instituições de ensino, quando se constata a escassez dos mesmos. E, por isso, “um dos desafios é fazer os professores perceberem que os possíveis recursos didáticos são muito mais variados e disponíveis do que normalmente se supõe [...]” (Santos; Piassi; Ferreira, 2004, p. 06).

Dessa forma, o docente que atua no Ensino Médio pode buscar alternativas válidas, como utilização e adaptação de materiais de baixo custo ou de custo algum:

> *A utilização destes materiais, em geral, permite que se realizem experimentos físicos sem a necessidade de ambientes especiais (laboratórios). Além disso, os fenômenos não ficam escondidos pela "caixa-preta" de equipamentos que o estudante não sabe exatamente como funciona (Santos, Piassi e Ferreira, 2004, p. 07).*

O que se vislumbra diante de tantos desafios é a possibilidade de trabalhar com materiais simples e acessíveis, por meio dos quais professores e alunos poderão construir seu próprio objeto de estudo. O contato com os materiais utilizados aproxima o aluno do conhecimento científico, pois demonstra a aplicabilidade da ciência física ao mundo real, permitindo-o testar hipóteses de forma criativa, a partir das propriedades conhecidas ou supostas dos materiais e dos testes a que são submetidos (Santos; Piassi; Ferreira, 2004).

METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quantitativa e natureza experimental, desenvolvida no contexto de um projeto de ensino articulando as disciplinas de Física e Cálculo Diferencial e Integral. A atividade foi conduzida com a participação de três licenciandos em Matemática, que integram a autoria deste trabalho, envolvendo planejamento, construção dos aparatos e análise dos resultados experimentais.

A proposta metodológica fundamentou-se em revisão bibliográfica sobre Movimento Harmônico Simples e na construção de dispositivos experimentais de baixo custo, confeccionados com materiais acessíveis, como sucata metálica, madeira e recipientes plásticos, permitindo a replicabilidade em contextos educacionais com infraestrutura limitada.

As medições foram realizadas a partir de pequenas amplitudes angulares (aproximadamente 10°), registrando-se o tempo de cinco oscilações completas para posterior cálculo da média aritmética simples, com o objetivo de minimizar erros experimentais.

No pêndulo simples, analisou-se a influência da massa e do comprimento sobre o período de oscilação, bem como a estimativa da aceleração gravitacional local a partir da equação teórica correspondente. No pêndulo físico, considerou-se o momento de inércia da barra metálica e diferentes eixos de suspensão, comparando-se os resultados experimentais com o modelo matemático ideal.

Os dados foram organizados em tabelas e analisados à luz do referencial teórico, discutindo-se as aproximações obtidas e as limitações inerentes às condições experimentais não controladas.

Para realização da atividade com o pêndulo simples foram utilizados:

- 01 haste metálica, composta por sucata, presa a uma base de madeira;
- 01 haste metálica menor, para suspensão dos pêndulos;
- 02 pêndulos simples, construídos com frascos de plástico preenchidos com areia artesanal, de massas 0,018kg e 0,030kg;

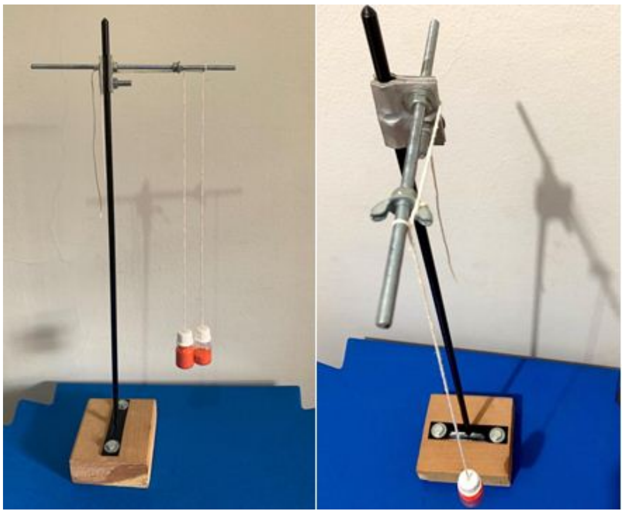
- Barbantes para suspensão dos pêndulos, com comprimentos ajustáveis para 0,10m e 0,30m;

- 01 transferidor;

- 01 régua; e

- 01 cronômetro.

Figura 4: Montagem do equipamento



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Primeiramente, foi posto em oscilação o pêndulo de 0,018kg, com comprimento de 0,10m, a partir de um ângulo de 10° formado com a vertical, estabelecido com ajuda do transferidor. Mediu-se o período de cinco oscilações completas com um cronômetro, optando-se por determinar seu valor mais provável por meio da média aritmética simples: $\bar{X} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}$.

Na sequência, esse mesmo pêndulo teve seu comprimento ajustado para 0,30m e foi submetido aos mesmos procedimentos. Dessa mesma forma procedeu-se com o pêndulo de 0,030kg.

Em seguida, foi utilizada a equação (7) para cálculo da acelerarão gravitacional no local onde se encontra o pêndulo, a qual foi configurada de forma mais conveniente, tal que $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$.

Na sequência, procedeu-se com a realização da atividade com o pêndulo físico. Os materiais utilizados foram os mesmos, com exceção do pêndulo, que passou a ser 01 barra metálica, doada por uma metalúrgica, de massa 0,086kg, comprimento 0,28m, com furos ao longo do comprimento e centro de massa coincidente com o centro geométrico.

Figura 5: Barra metálica que compõe o pêndulo físico

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Num primeiro momento, o pêndulo físico foi posto para oscilar a partir de um ângulo de 10° formado com a vertical, estabelecido com ajuda do transferidor. Foram considerados como eixos de oscilação a extremidade e o centro de massa, e observado seu comportamento.

Figura 6: Eixo de suspensão na extremidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Em seguida, foi cronometrado o período de cinco oscilações, calculada sua média aritmética simples, como no experimento anterior, e utilizada a equação (10): $g\frac{8\pi^2 L}{3T^2}$, conforme orientação de Halliday, Resnick e Walker (2018), para determinação da aceleração gravitacional no local do pêndulo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta e analisa os dados obtidos experimentalmente para os pêndulos simples e físico, com o objetivo de validar os princípios teóricos que regem seus movimentos oscilatórios. Os resultados são organizados em tabelas e discutidos à luz das equações do período, com foco na verificação da independência do período em relação à massa (para o pêndulo simples), na influência do comprimento e no cálculo da aceleração gravitacional local. Adicionalmente, discutem-se as limitações práticas dos experimentos e as diferenças fundamentais entre os modelos idealizados e os sistemas reais.

Pêndulo simples

Após medir o período de cinco oscilações completas e calcular seu valor mais provável por meio da média aritmética simples $\bar{X} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}$, os dados foram dispostos da seguinte forma:

Tabela 1 - Períodos cronometrados para o pêndulo simples.

Período - T (s)			
M=0,030Kg e L=0,10m	M=0,030Kg e L=0,30m	M=0,018Kg e L=0,10m	m=0,018Kg e L=0,30m
0,64	1,09	0,64	1,12
0,61	1,10	0,68	1,18
0,64	1,18	0,63	1,04
0,63	1,01	0,65	1,07
0,69	1,07	0,56	1,08
$\bar{x}$=0,64	**$\bar{x}$=1,09**	**$\bar{x}$=0,63**	**$\bar{x}$=1,10**

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Constatou-se que os pêndulos de massas diferentes, porém, mesmo comprimento, apresentam períodos iguais, considerando a aproximação (tabela 1, colunas 1 e 3, e colunas 2 e 4). Assim como, um determinado pêndulo, com diferentes tamanhos, tende a apresentar um menor período de oscilação quanto menor for seu comprimento. A análise da equação (7) por si só permite concluir que a massa não exerce influência sobre o período, já que não consta na equação, assim como o tempo de duração do ciclo é proporcional ao comprimento.

Os dados relacionados à aceleração gravitacional, a qual foi obtida por meio da equação (7), ajustada para $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$, foram organizados como segue:

Tabela 2: Determinação da aceleração gravitacional

Aceleração da gravidade – g (m/s²)			
Para m = 0,018kg		Para m = 0,030Kg	
L (m)	0,10	L (m)	0,10
T (s)	0,63	T (s)	0,64
g (m/s²)	9,95	g (m/s²)	9,64
L (m)	0,30	L (m)	0,30
T (s)	1,10	T (s)	1,09
g (m/s²)	9,79	g (m/s²)	9,97
$\overline{x}$ = 9,84			

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Neste caso, também foi considerada a média aritmética simples quanto ao valor da aceleração gravitacional $\bar{X} = \frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4}{4}$. Devido à perda de energia durante o experimento e a imprecisão na cronometragem, os valores obtidos não se igualam, mas se aproximam de forma satisfatória do valor real, admitido como sendo, aproximadamente, 9,8 m/s².

Pêndulo físico

Ao analisar o movimento do pêndulo físico, pode-se verificar que existe oscilação quando o ponto de suspensão é a extremidade, o que possibilita determinar seu período. Todavia, quando o ponto de suspensão é o centro de massa, que coincide com o centro geométrico da barra, o pêndulo fica em equilíbrio.

Isto porque a distância do ponto de suspensão até o centro de massa é igual a 0, o que equivale a colocar $h = 0$ na equação (8). Conforme Halliday, Resnick e Walker (2018), nessa condição, $T = \infty$, o que permite compreender por que o pêndulo não chega a completar uma oscilação, ou seja, permanece em equilíbrio.

Essa situação também pode ser explicada pela inércia do pêndulo, que varia conforme ponto de suspensão: em relação ao centro de massa é $1mL^2$, e em relação à extremidade é de $\frac{1}{3}mL^2$. Como neste experimento a inércia se refere à resistência em alterar o movimento do pêndulo, onde ela for maior, maior essa resistência e, como verificado, isso ocorre com eixo de suspensão na extremidade.

Para proceder com o cálculo gravitacional, obtiveram-se os seguintes dados quanto ao período oscilatório:

Tabela 3: Períodos cronometrados para o pêndulo físico

Período – T (s)
0,89

0,86
0,83
0,88
0,89
$\overline{x}$ = 0,87

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Aplicando a equação (10): $g\frac{8\pi^2 L}{3T^2}$, temos:

Tabela 4: Determinação da aceleração gravitacional

Aceleração da gravidade g (m/s^2)	
L (m)	0,28
T (s)	0,87
g (m/s^2)	9,74

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Semelhante ao primeiro experimento, é preciso considerar que alguns fatores impedem um teste de precisão, principalmente o atrito da barra com a haste de sustentação e a realização da atividade em um local que possibilita perda de energia para o ar. Todavia, ainda se verifica uma aproximação satisfatória da aceleração gravitacional em relação ao seu valor real.

Vale a pena ressaltar que no mundo real todo pêndulo é físico, visto que não se sujeita a condições ideais como as que são definidas para o pêndulo simples, em que há concentração de massa em um menor ponto possível, suspensa por um fio que, por sua vez, apresenta massa tão pequena que pode ser desprezada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem do pêndulo como objeto de estudo pode se dar em diferentes níveis, desde a educação básica, por meio dos conteúdos introdutórios de física, até o ensino superior, por meio de disciplinas ministradas, principalmente nas licenciaturas e engenharias, com vistas ao conhecimento e controle das oscilações. E este estudo se faz relevante, uma vez que os movimentos oscilatórios podem ser observados em diversas situações do nosso cotidiano, das mais simples às mais complexas, desde um badalar de relógio até à vibração de grandes monumentos.

Existem vários tipos de pêndulos, sendo o simples e o físico alguns dos mais conhecidos e didáticos, geralmente escolhidos para abordagem prática. Entretanto, mesmo com uma simplicidade aparente, o conhecimento de física que é preciso para uma compreensão aprofundada pode não ser acessível para um estudante iniciante. Assim como, para obter resultados mais precisos, é necessário dispor de instrumentos de alto custo, inviabilizando sua aquisição em muitos laboratórios de ensino, impedindo seu estudo prático e detalhado.

Sendo assim, torna-se fundamental ao docente um olhar para todas as possibilidades, além de estimular a criatividade em seus alunos no sentido de construir seu próprio material de estudo, com materiais acessíveis, muitas vezes sem custo algum, como no caso dos pêndulos apresentados nesse trabalho.

Portanto, este trabalho demonstra que o aporte teórico, aliado a experimentos de baixo custo e fácil execução, constitui uma estratégia didática viável e eficaz. A proposta apresentada não só valida os principais conceitos físicos dos pêndulos, como a independência do período em relação à massa, a dependência do comprimento e o papel do momento de inércia, mas também oferece um caminho concreto para superar limitações de infraestrutura. Dessa forma, reforça-se o potencial da experimentação acessível como ferramenta para promover a aprendizagem, conectando a teoria à prática e estimulando a autonomia tanto do professor quanto do aluno no processo de ensino e aprendizagem da Física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática, e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2002. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf. Acesso em: 05 set. 2020.

FUKE L. F; YAMAMOTO K. **Física para o Ensino Médio.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física,** volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

HELDEN, A.V. **Galileu e o pêndulo.** In: Openstax, 05 jul. 2007. Disponível em https://cnx.org/contents/2VmRqAYO@3/Galileo-and-the-Pendulum. Acesso em: 15 out. 2019.

LEITE, N. V. G. **Galileu e o Pêndulo.** In: História da Física, 15 jun. 2011. Disponível em: http://historiadafisicauc.blogspot.com/2011/06/galileo-e-o-pendulo.html. Acesso em: 15 out. 2019.

NUSSENZVEIG; H. M. **Curso de física básica,** 2: fluidos, oscilações e ondas, calor. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada.** In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, out. 2004. Disponível em https://www.researchgate.net/profile/Emerson_Izidoro/publication/266075202. Acesso em 08 set. 2020.

TIPLER; P.A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros,** volume 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2016.